

УДК 669.187.2

М.К. Шевкаленко (5 курс, каф. СиС), В.П. Карасёв, к.т.н., доц.

### РАСЧЕТ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ СТАЛИ ПРИ ВЫПУСКЕ ЕЕ ИЗ ПЕЧИ В КОВШ

Температура металла во многом определяет характер окислительно-восстановительных процессов в ванне сталеплавильной печи, а также качество готового металла. Поэтому правильное определение нагрева металла по ходу плавки и разливки является одним из важных условий получения качественного металла.

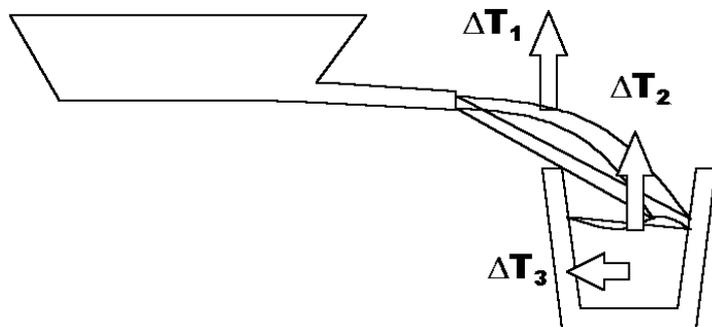


Рис. 1. Схема выпуска стали.

Очень важной задачей является определение оптимальной температуры выпуска металла из сталеплавильного агрегата ( $T_m$ ). Ориентиром при этом является необходимая температура разливки. Для ее достижения учитывают снижение температуры при выпуске металла из печи в ковш ( $\Delta T_\Sigma$ ) и при дальнейшей обработке жидкого металла, в зависимости от принятой в цехе технологии. Согласно литературным данным

высокотемпературный нагрев футеровки ковшей позволяет снизить температуру выпуска на 10—30°C, применение теплоизолирующей крышки при разливке — на 22°C. Характерен также и большой разброс температуры металла в ковше при одной и той же  $T_m$ . Попытаться расчетным путем определить  $\Delta T_\Sigma$  и выявить наиболее значимые факторы, влияющие на нее - такова цель работы. Расчёт выполнен для мартеновской печи (70-т) ЗАО “Обуховспецсталь” (ранее принадлежавшей “Обуховскому заводу”).

Суммарную потерю тепла  $\Delta T_\Sigma$  можно разбить на три составляющих:

$$\Delta T_\Sigma = \Delta T_1 + \Delta T_2 + \Delta T_3,$$

где:  $\Delta T_1$  - это потери за счёт излучения тепла с поверхности столба струи;  $\Delta T_2$  - потери за счёт излучения тепла с поверхности металла в ковше;  $\Delta T_3$  - потери за счёт аккумуляции тепла футеровкой ковша.

Найдем каждую из этих составляющих:

$$\Delta T_1 = q_1 * S_1 * \tau / (C_{ж} * G),$$

где:  $q_1$  – тепловой поток с поверхности столба струи кВт/м<sup>2</sup>

$$q_1 = 5,67 \cdot 10^{-11} \cdot \varepsilon \cdot \psi \cdot (T_m^4 - T_b^4),$$

где:  $\varepsilon$  – степень черноты свода;  $\psi$  – коэффициент экранирования;  $T_b$  – температура воздуха, К;  $S_1$  – средняя излучающая поверхность столба струи металла  $m^2$

$$S_1 = \pi \cdot d \cdot L \cdot k,$$

где:  $d$  – диаметр выпускного отверстия, м;  $L$  – средняя длина струи за время выпуска, м;  $k$  – коэффициент учитывающий уширение струи;

$\tau$  – время выпуска, час;  $C_{ж}$  – теплоёмкость жидкой стали, кВт\*час/Т\*К;  $G$  – масса выпускаемого металла, т.

$$\Delta T_2 = q_2 \cdot S_2 \cdot \tau / (C_{ж} \cdot G),$$

где:  $q_2$  – тепловой поток с поверхности металла в ковше,  $q_2 = 5,67 \cdot 10^{-11} \cdot \varepsilon \cdot \psi \cdot (T_m^4 - T_b^4)$ , кВт/м<sup>2</sup>;  $S_2$  – площадь этой поверхности, м<sup>2</sup>;  $S_2 = \pi \cdot D^2 \cdot k / 4$ , где:  $D$  – средний диаметр поверхности за время выпуска, м;  $k$  – коэффициент учитывающий увеличение поверхности;

$$\Delta T_3 = \Delta Q_{акк} / (C_{ж} \cdot G),$$

где:  $\Delta Q_{акк}$  – теплота аккумулированная футеровкой, кВт.

В итоге получили следующие значения составляющих:  $\Delta T_1 = 12,3$  К,  $\Delta T_2 = 8$  К,  $\Delta T_3 = 40$  К. Таким образом суммарная потеря тепла будет равна:  $\Delta T_{\Sigma} = 12,3 + 8 + 40 = 60,3$  К. Причём большая доля её приходится на потери за счёт аккумуляции футеровкой ковша, хотя потери за счёт излучения со струи также значительны.

Сопоставим эти потери с фактическими на данном предприятии - они составляют в среднем 59,5 К. Видно, что расчётные потери тепла схожи с фактическими. Следовательно, можно управлять изменением температуры при помощи тех параметров, которые использовались при расчёте.

Попробуем снизить потери тепла, увеличив массу выпускаемого металла, сократив длину струи и подогревая ковш.

Таблица 1. Расчётные потери тепла (исходный вариант 1) и с учётом новых рекомендованных параметров (новый вариант 2)

$\Delta T$	вариант 1	вариант 2
$\Delta T_{\Sigma}$	60,3	50
$\Delta T_1$	12,3	9
$\Delta T_2$	8	7,5
$\Delta T_3$	40	33,5

Таблица 1 даёт право утверждать, что, увеличивая количество выпускаемого металла, уменьшая струю, подогревая ковш и (или) меняя какие-либо другие параметры, мы можем снизить потери тепла при выпуске стали из печи в ковш.

*Выводы:*

- Снижение падения температуры при выпуске даёт возможность экономить сырьё и энергозатраты, снижает рост содержания газов в металле, что в свою очередь благоприятно сказывается на качестве стали.
- Выполнен расчёт падения температуры стали при выпуске её из печи в ковш, применительно к условиям мартеновского цеха ЗАО “Обуховспецсталь”. Расчётные данные сопоставимы с фактическими замерами температуры в данных условиях.
- Даны рекомендации по снижению падения температуры при выпуске.